

Source : <https://www.sortirdunucleaire.org/Soleils-en-puissance-La-course-a-l>

Réseau Sortir du nucléaire > Archives > Revue de presse > **Soleils en puissance - La course à l'énergie thermonucléaire des pays industrialisés**

16 mars 1988

Soleils en puissance - La course à l'énergie thermonucléaire des pays industrialisés

Dans le futur, les besoins d'énergie risquent d'être tellement élevés que les sources traditionnelles de production d'énergie - charbon, pétrole, nucléaire, solaire - ont peu de chance de pouvoir les satisfaire. C'est en partie la raison des recherches à très long terme que les pays industrialisés mènent actuellement sur la fusion thermonucléaire, celle-là même dont les réactions font que le Soleil, comme toutes les étoiles, brille de mille feux depuis des milliards d'années. Ce rêve n'est pas nouveau et, dès le début des années 30, des physiciens ont imaginé de reproduire un mini-soleil sur Terre. En somme, mettre l'énergie des étoiles dans une bouteille et la domestiquer.

Les connaissances et les techniques de l'époque ne laissaient cependant guère d'espoir d'y parvenir. Et cinquante ans plus tard, il faut hélas reconnaître qu'il a été plus facile de libérer brutalement l'énergie de fusion en fabriquant les bombes H que de la domestiquer dans des réacteurs spécialisés. Beaucoup, certes, a été fait, mais beaucoup reste encore à faire pour démontrer, comme cela a été réalisé avec la fission (1) dans les réacteurs nucléaires civils, que la domestication et la rentabilité de cette nouvelle voie énergétique n'est pas un mythe.

Depuis une trentaine d'années, les pays industrialisés se sont lancés dans cette quête avec des fortunes diverses. Des chaudrons thermonucléaires, fondés sur le principe des Tokamaks, inventés il y a une vingtaine d'années par les Soviétiques, ont donc fleuri un peu partout dans le monde pour les besoins de la recherche. Les plus puissants d'entre eux ont pour nom le JET (Joint European Torus) en Europe, le TFTR (Tokamak Fusion Reactor) pour les Etats-Unis, le JT 60 pour le Japon ou le T 15 en cours de construction en Union soviétique.

Et là, jour après jour, les physiciens essaient d'en apprendre un peu plus sur le comportement de la matière aux très hautes températures. Car le but ultime est de créer, dans les enceintes en forme de chambre à air (tores) de ces machines, des températures d'une centaine de millions de degrés favorables au déclenchement et à l'auto-entretien de réactions nucléaires de fusion au sein d'un gaz de deutérium et de tritium dont les atomes, dissociés en noyaux et électrons, forment un plasma.

Sur le papier tout est simple. D'autant plus simple que les combustibles nécessaires aux réactions sont abondants dans la nature. Le deutérium, ou hydrogène lourd, est présent en quantité dans l'eau de mer, et le tritium, ou hydrogène super-lourd, peut être artificiellement produit à partir d'un

matériau qui ne manque pas : le lithium. Mais dans la pratique il en va tout autrement et personne ne se hasarde aujourd'hui à affirmer que la domestication de la fusion est pour demain. Mieux même, le haut commissaire du Commissariat à l'énergie atomique (CEA), M. Jean Teillac, concède que "2050 est peut-être une date trop optimiste et que la mise en place d'un "crash program" à l'américaine pour presser le mouvement et réaliser rapidement un réacteur à fusion électrogène ne se justifie pas aujourd'hui".

Le "bilan nul". "Je crois cependant, ajoute-t-il, que la fusion sera un jour maîtrisée. Ce n'est qu'une question de technologies et de meilleure compréhension de la physique des plasmas. Mais le travail qui reste à faire est quand même considérable." Certes, la plupart des équipes travaillant dans le monde sur ce sujet peuvent se glorifier de températures records - 200 millions de degrés au TFTR en août 1986, 140 millions de degrés au JET en novembre de la même année - obtenues dans leur machine. Mais, pendant combien de temps et avec quelle densité de plasma ? En général, quelques fractions de seconde seulement là où il faudrait au moins la seconde, et des densités de plasma d'un ou plusieurs ordres de grandeur inférieures à ce qui est nécessaire.

Aussi fait-on appel à toutes sortes de techniques - chauffages auxiliaires pour augmenter la température du milieu et injection de particules pour densifier le plasma - pour atteindre cette première étape qu'est le fameux "breakeven". Terme cher aux Anglo-Saxons que l'on peut traduire par "bilan nul" et qui marque le moment où la machine produit autant d'énergie qu'elle en consomme. C'est la raison du développement de machines spécialisées destinées à défricher le terrain en testant ces techniques de pointe, dont on suppose qu'elles permettront des progrès marquants.

La toute nouvelle installation Tore Supra que les équipes du Centre d'études nucléaires du CEA de Cadarache (Bouches-du-Rhône) vont mettre en service à la fin du mois pour le compte des Européens est de celle-là. Il s'agit d'un Tokamak qui n'atteindra jamais les performances du JET, mais présente l'originalité d'utiliser toutes sortes de dispositifs nouveaux. A commencer par des bobines supraconductrices - au lieu de bobines de cuivre dans les machines existantes - pour produire les champs magnétiques permettant de confiner le plasma très chaud de la machine en le maintenant loin des parois de la chambre torique dans laquelle il circule. Faute de quoi il se refroidirait aussitôt.

Pourquoi ce recours à une technique contraignante qui requiert la manipulation délicate de 30 mètres cubes d'une substance - l'hélium liquide - stockée à des températures proches du zéro absolu (moins 271,15 degrés) ? Tout simplement parce qu'à ces températures les douze tonnes de fils de niobium-titane utilisées pour les enroulements des bobines de Tore Supra laissent, du fait de la supraconductivité, passer le courant qui les traverse sans échauffement. Avantages immédiats pour les physiciens : "un gain d'un facteur deux, selon M. Teillac, sur l'énergie totale fournie à la machine et une compacité accrue des installations".

Le JET, par exemple, consomme 300 mégawatts pour l'alimentation de ses bobines classiques, ce qui est déjà considérable. "Quant au T-20 soviétique, il réclamait tant d'énergie (2 000 mégawatts) que le projet a été abandonné", précise M. François Prévot, chef du département fusion à Cadarache. "C'est pourquoi, ajoute-t-il, la solution technique originale adoptée pour Tore Supra pourrait se révéler la plus commode et la moins chère pour les grandes machines de demain." Les Soviétiques ne s'y sont trompés qui ont choisi cette technique pour leur machine T-15 en cours d'achèvement à l'Institut Kourtchatov de Moscou (2). Une autre originalité de Tore Supra est de fonctionner par impulsions très longues pouvant atteindre à pleine puissance une trentaine de secondes ou une minute à puissance réduite. Ainsi espère-t-on progresser dans la bataille du temps avant de gagner celle de la température et de la densité des plasmas. Dans la mesure où les moyens de chauffage externes du plasma pourraient remplacer le chauffage interne dû au courant qui le parcourt, les physiciens peuvent espérer un jour supprimer ce dernier et obtenir un fonctionnement en continu de la machine.

Celui-là même que réclameront sans doute les réacteurs à fusion.

Canons à glaçons

En effet, le chauffage interne du plasma, analogue à celui qui fait briller le filament d'une lampe traversée par un courant, ne permet pas de dépasser, dans des conditions acceptables, des températures de plasma supérieures à 30 millions de degrés. Il faut donc faire appel à des systèmes de chauffage auxiliaires pour que "les équipes de Tore Supra deviennent les champions du monde de la durée dans le domaine de la fusion et soient capables, espère M. Prévot, d'atteindre les 100 millions de degrés avec des impulsions à pleine puissance de l'ordre de la demi-minute".

Pour y parvenir, le choix des gens de Cadarache s'est porté sur trois dispositifs permettant d'injecter 25 à 30 mégawatts supplémentaires dans le coeur de la machine pour atteindre les températures requises. Le premier, l'injection de neutres, consiste à injecter à très grande vitesse dans la chambre de la machine des atomes qui cèdent leur énergie aux particules qui composent le plasma et contribuent ainsi à le réchauffer. Le second, la résonance cyclotronique ionique, vise à émettre au moyen d'antennes particulières des ondes électromagnétiques de fréquence telle que les particules du plasma absorbent leur énergie par un phénomène de résonance. Elle permet en plus de mieux contrôler les instabilités du plasma. Le dernier enfin, la résonance hybride basse, est une technique originale, entièrement développée par les Français, qui permet également de chauffer le gaz ionisé de la chambre, mais surtout de tendre vers un fonctionnement plus continu de ce Tokamak.

Aussi ne faut-il guère s'étonner que les spécialistes de la fusion attendent avec impatience les premiers résultats de cette installation originale d'un milliard de francs payée à 45 % par la CEE et pour le solde par la France (3). A commencer par les Américains eux-mêmes, dont l'ambitieux projet Alcator DCT a tant souffert des coupes budgétaires, qu'ils se sont naturellement tournés vers Tore Supra. C'est ainsi que, dans certains domaines où ils ont de l'avance, ils apportent une contribution technique sous la forme d'appareils construits à leurs frais en l'échange d'expériences et d'informations sur Tore Supra.

C'est le cas notamment de canons à glaçons de deutérium de quelques millions de dollars fournis par les laboratoires d'Oakridge, qui sont destinés à améliorer la densité du plasma dans sa partie centrale. C'est aussi celui des antennes à hautes fréquences du chauffage à résonance cyclotronique ionique dont un prototype a été fourni aux Français. C'est enfin celui de moyens et d'appareils sophistiqués devant permettre de mieux connaître les phénomènes d'interaction entre le plasma et les parois froides de la machine.

Tout ceci prendra bien sûr du temps car les équipes de M. Prévot ne veulent pas brûler les étapes. "Dans un premier temps, explique-t-il, Tore Supra ne fonctionnera qu'avec de l'hélium ; un gaz qui permet de bons plasmas et dont la neutralité chimique évitera de polluer les parois de la chambre. Dans une seconde étape, l'hélium sera remplacé par de l'hydrogène, mais ce n'est qu'ensuite, vers la fin de l'été, que sera enfin utilisé du deutérium après qu'auront été installés tous les systèmes de chauffage auxiliaire". Une raison de plus pour comprendre que la domestication de la fusion n'est pas pour demain et que dans ce difficile et coûteux domaine - l'Europe dépensera plus de 11 milliards de francs pour la fusion entre 1985 et 1989 - la coopération internationale est une nécessité. En témoignent d'ailleurs les premiers contacts pris entre les Américains, les Européens, les Japonais et les Soviétiques pour la réalisation future d'un réacteur thermonucléaire expérimental (ITER).